

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

電子化的包浩斯 - 數位化建築設計工作室教育之探討

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2211-E-032-019-

執行期間：94 年 08 月 01 日至 95 年 07 月 31 日

執行單位：淡江大學建築學系

計畫主持人：陳珍誠

計畫參與人員：倪順成 周劭欣 林俊宏

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 7 月 28 日

電子化的包浩斯—數位化建築設計工作室教育之探討

Electronic Bauhaus:

An Investigation on the Education of Digital Architectural Design Studio

計畫編號：NSC 94-2211-E-032-019

執行期限：94 年 8 月 1 日至 95 年 7 月 31 日

主持人：陳珍誠 淡江大學建築學系

E-mail: 097016@mail.tku.edu.tw

計畫參與人員：倪順成 周劭欣 林俊宏

一、中英文摘要

電腦輔助建築設計的應用在過去十餘年來已經被建築業界普遍的接受，而部分數位建築的實現在建築上影響了自現代主義之後另一次重要的典範轉移。今日的資訊科技正在快速成長著，數位化工具不斷地影響著建築設計的創作與思潮，帶動著數位時代建築設計新的無限可能。當設計工具開始改變後，傳統的設計程序也將面臨新的挑戰，進一步影響到設計的方法、風格與產品。數位化工具介入建築設計教學當中，將會引起學生學習、老師教學、與教學法等方面的變革。因此，在數位化工具更加便利的今天，從新思考數位化工具在建築設計教學中的潛力與未來是十分重要的。

建築學院的教育著重於設計思考的訓練，容許以較長的時間與較多的精神去反覆思考與追溯設計事物之本源與道理。也因此，建築學院提供了更多嘗試與實驗的空間—相較於以經濟效益為導向的實務界。建築學院的「數位化設計工作室」教育，在建築學院傳統的課程結構中，可以不斷地被加入更多的數位理論與知識，隨時因應客觀的電腦技術而調整；並藉由實際操作了解數位設計與製作工具的應用並與其他課程之整合，並思考數位建築未來發展的意義與趨勢。

本研究希望透過對於目前國內外建築學院正在發展中的數位化建築教育發展做一回顧，希望從中整理出主要的脈絡與方向。並更進一步的討論傳統「建築設計工作室」中可以與數位化工具加以整合的部分，與可以嘗試全面數位化教學的方向，以及因為數位化工具的介入而可以激發出新想像與創意的教學觀點。本研究期望從數位時代的觀點，提出對於建築學院中如何發展數位化建築設計教育提出展望，並且對於電子化的包浩斯提出想像的輪廓。

關鍵詞：電腦輔助建築設計、數位建築、典範轉移、資訊科技、建築設計工作室、數位化設計工作室、包浩斯、電子化的包浩斯。

Abstract

Computer-Aided Architectural Design has been widely accepted by the architectural practices, and the success of "Digital Architecture" has brought another important paradigm shift since Modernism. Today, information technologies grow rapidly and digital media has affected architectural design processes and thinking, which create new design possibilities for the information era. While the design tools have been changed, the traditional design processes will be challenged, and this also will further affect design methodologies, style, and products. As well as, applying digital media into the design education will change the learning attitudes of student, teaching methods of instructor, and even the whole pedagogy of architectural design education. Therefore, as the design media becomes more convenient, it is important to re-think the roles and potentials of digital media plays in the design activities.

The education of architectural school emphasizes on

the training of design thinking, which allows spending more efforts in considering the origins and reasons behind the designed objects. Thus, comparing with the economic-oriented architectural practices, architectural school provides more opportunities for experiment. Consequently, through the "digital design studio", new theories and knowledge of information technologies will be integrated into traditional paradigm of architectural course structures. As a result, through the integration of digital media and design studio will help us to prospect the meaning and future of digital architecture.

This research anticipates coming out different approaches of digital design studio through the analysis of architectural schools pedagogies worldwide. Furthermore, the integrations of traditional design studio and digital media, the directions of comprehensive digital design education, and the new inspirations stimulated by digital media in design will be discussed. Through the digital design media point of view, this research looks forward to discuss the possibilities of how to apply different digital approaches in different grades of architectural school, and provides a picture for "Electronic Bauhaus".

Keywords: Computer-Aided Architectural Design (CAAD), Digital Architecture, Paradigm Shift, Information Technology (IT), Architectural Design Studio, Digital Design Studio, Bauhaus, Electronic Bauhaus (e-Bauhaus).

二、緒論

Malcolm MacCullough, William Mitchell, 與 Patrick Purcell 於 1991 年編輯的 *The Electronic Design Studio* 至今已經有十餘年的歷史 [MacCullough 91]，Nicholas Negroponte 於 1970 年創立 Architecture Machine Group 至今也已經有三十餘年的歷史，而更遙遠包浩斯的創立至今已經快九十年了。包浩斯對於工業革命後之現代主義建築產生了革命性的影響，亦對於二十世紀的建築教育產生了重大的啟蒙。今日的資訊革命勢必對於建築設計與教育產生相對的影響，因此本研究擬以包浩斯的精神對於資訊時代的建築設計教學提出適當的回應與想像。

三、研究背景

包浩斯 (Bauhaus)：歐洲在第一次世界大戰結束前後分別出現許多主要影響現代建築的幾個重要建築流派與思潮，其中以德國的包浩斯對於建築教育的影響最大。1919 年葛羅培斯 (Walter Gropius) 創立包浩斯後，將包浩斯定位在「工藝美術學校」，學校中附設有紡織、陶瓷、金工、玻

璃、雕塑、印刷等科系，強調自由創作、反對墨守成規，並將手工藝和機器生產結合起來，將建築與各項藝術結合。培養學生自己動手的能力，企圖讓學生在動手做過程透過機械工具之輔助，思考物件、雕塑、建築之關係，進而日後成為足以實踐社會挑戰的現代建築師。包浩斯講究的是不同技術、工藝間之整合，一方面滿足工業社會對建築之需求，另一方面運用科學、技術、美學來創造滿足人類精神與物質所需的新環境。雖然包浩斯於1933年結束，但部份成員轉進歐陸與美國，至今包浩斯的精神仍然深遠的影響著大部份建築學院的設計教學。

數位化設計媒體的出現：直到最近，數位科技在建築中的運用典型僅限於提高工作效率、生產力，以及營造出作品的視覺衝擊。電腦首先被用於模仿傳統的設計生產方式，取代手工繪圖，模擬透視以提供穿梭在建築物中的經驗。並且，通常在設計大致完成之後，才會生產電腦模型，近年來電腦在建築設計上的應用大致如下：

1. 電腦輔助繪圖已經普遍取代傳統純粹以手工生產的製圖過程。
2. 電腦硬體性能已經為建築界普遍地所接受，低廉的價格也是一般設計者有能力擁有的。建築應用軟體也因為友善的使用者介面，使得影像製作更加便利，一般三維模型的建立亦是十分容易。
3. CAAD方便提供更多的可行性方案供業主參考，建築師與業主的互動關係更加明顯。
4. 電腦繪圖的發展，拉近專業與非專業間之距離，輔以相關的電腦技術，使得民眾參與設計更具說服力。電腦多媒體的發展，使得「虛擬實像」逐漸步入實用的階段，將使得設計者可以「身歷其境」的心情感受其設計。
5. 網際網路的發展，將使得建築設計分工合作的團隊溝通與資料找尋更加便利且精確。
6. 數位化工具的應用使得在過去較為複雜的設計過程能夠精準、合理、有組織性的操控與呈現，迅速而確實的解決複雜設計所帶來的各種問題。
7. 電腦輔助製造（Computer-Aided Manufacturing，CAM）與CAAD的結合，方便複雜型體的直接生產，並延伸了CAD/CAM的功能。

四、「數位化設計工作室」

近期建築業界的作品中可以發現到許多建築設計思考的相關操作，都可藉由電腦來達到輔助設計的目的，甚至達到相得益彰的效果。建築設計教學的課程亦不例外，在最近一些建築學院裡的實驗，顯示出如果能夠在電腦的幫助之下，將使學生運用電腦的相關作業流程達到教學的有效性、趣味性、與想像力，亦將有助於教師在多元的教學領域中激發出更多新思維的教學內容。更進一步的，我們可以期望數位建築設計能夠提供新的途徑並強化傳統建築設計教學中所強調的機能、美學、技術與經濟等因素。這些日新月異的電腦科技，加上未來可能的發展，使得「數位化建築設計工作室」課程更具說服力，挑戰性，與前瞻性。

近十年來，CAAD普及化的經驗，我們了解到設計者透過設計資訊化，能夠很容易且精確的

掌握設計，減輕繁瑣的例行性手工，提供設計參與者更有效的溝通工具。重要的是，電腦已經對於設計產生了全面性的影響，除了前述已經成熟且已經整合進入設計程序中的電腦技術外，許多其他的電腦技術亦不斷的出現。比方說，提供一部可製作模型的小型雷射些切割機、雕刻機或3D Printer 讓學生進行實際演練，即可以使學生產生不同的視野。正符合「包浩斯」教育所謂的在不同技術、工藝間之整合，以滿足社會對於建築之需求，並運用科學、技術、美學的資源來創造滿足人類精神與物質所需的新環境。其他關於網路通訊的設備，亦有助於其他建築介面的發展。

五、研究目的

從 CAAD 到 CAAD 的設計者：例行的平、剖、立面、透視圖、與三維模型的生產過程，因為方便的三維虛擬設計環境，使得傳統線性操作的設計程序將可以由不同的操作點切入而被顛覆。並且，對於之前無法思考的概念、非直角正交的幾何——譬如突然乍現的形狀、具有多重變數的無預期複合拓撲造型，或是來自非線性系統中所浮現出來的群聚形態，都可以透過設計軟體的幫助，將這些複雜的組織視覺化。在創作建築物實體上所使用的新技術，帶來新的流體模型可被修改及快速形變，這些形體不再侷限於傳統有限與靜態的空間概念。

跨領域的訓練：建築設計的背景理論經常反應著時代的精神（Zeitgeist）。而伴隨著科技與電腦科學新理論的發展，如：非線性、自我組織、碎形幾何、皺摺、象變、超弦、渾沌、與複雜科學等，已改變傳統柏拉圖式的哲學觀、宗教觀與宇宙觀等，相對的也改變了人類對空間的認知與對於建築的看法。這些因為資訊技術的進步而衍生於各個領域中的新理論，也相對的刺激了建築的新理論基礎。此外，從演化與生物進化中得到的靈感，設計出了電腦硬體的新世代。未來晶片將具有適應力、自我再生能力與自我複製的可能。這將成為新的「設計模型」系統不斷進步的基礎，經由快速、模擬、實驗與直覺的方法來加強對於空間有更深一層的認識。

當以上的想像開始與學院中傳統的「建築設計工作室」遭遇時，許多建築設計教學法中既有的觀念將被挑戰、強化、與顛覆，新的理論將被嘗試、試驗、與發展。所以，相對於工業革命後影響20世紀現代主義的包浩斯教學，資訊革命後影響數位建築的「電子化的包浩斯」亦將對於21世紀的建築與建築教育產生革命性的影響。1919年只有一所包浩斯，然而今日卻有著許多所新的e-Bauhaus正在做著這樣的努力。

六、相關發展

CAAD是一個正在發展中的領域，以下擬就相關建築師、建築潮流、建築著作、與學術會議的發展現況的討論來凝聚對於「數位化設計工作室」的思考。

建築師：早期的「數位建築師」Peter Eisenman 嚐試於作品中用電腦自動產生的造型作為設計的出發點，而另一位建築師 Frank Gehry亦嚐試以電腦

作為他設計發展以至於施工時的重要工具[AR 95]。今日建築師們將數位媒材應用於各不同建築相關領域中，多位「數位建築師」皆活躍於建築教育界，如Foreign Office、Greg Lynn、Markus Nowak、NOX與Kas Oosterhuis等。其他事務所像是Zaha Hadid、Norman Foster、Herzog & de Meuron、OMA等，亦在將數位化工具融入設計過程的同時，致力探討如何藉由新的科技與製造技術來實現其設計上的新構想。這些事務所長期與學術機構密切合作，抑或設有專門小組來處理複雜的幾何型態。

建築潮流：Charles Jencks 繼他成功的描述 *The Language of Post-Modern Architecture* 後，在他的著作 *The Architecture of the Jumping Universe* 中 [Jencks 1995]，他再次預測因為電腦的發展將引起新的建築創作的哲學與風格觀。此外，Digital Architecture 與 Hyper-Architecture [Paglisi 1999] 等都適用來描述新媒體建築的字眼。

建築著作：相關建築著作部份，主要的包括：英國A.D.期刊的*Hyper-Space*之系列專輯，義大利「IT Revolution in Architecture」系列叢書，與法國由Frederic Migayrou 所負責編輯的四本 ArchiLab系列案例與論文[ArchiLab 2001]。相關建築術語出現在Columbia University 所出版的*Index Architecture*一書，與西班牙的 *Metamorph* 一書中被搜羅的常用數位建築術語。

學術會議：美國的 ACADIA、歐洲 ECAADE、與亞洲的CADRIA電腦輔助建築設計教學學會每年舉行例行研討會與出版學報，並每隔兩年合辦國際性會議 CAAD Futures，共同探討此領域的發展。

以上的發展，建築師與建築學院所思考的主題是：當設計工具改變後，設計者的思考方式產生了改變；因此，設計程序，設計產品，以至於設計風格都產生了全面性的改變，那麼建築業與建築教育又將該有哪些因應的思考？

七、CAAD 教育的教學方向

重新思考傳統建築設計的假設：借助於具有生產NURBS（非制式理性貝茲曲線，Non-Uniform Rational Bezier Spline）的研發，「不規則曲面」更方便的被操作與生產，使得建築設計者在建築設計過程中有更大的自由度，並允許建築設計者處理層次更複雜的建築表面。藉由電腦繪圖的技術，迅速產生 NURBS 非線性的造型，並且結合CAD/CAM的技術，產生三維的電腦與實體模型，甚至應用於實體建築物的施工中，使得營建技術有著新的想像。這些新工具與介面對於傳統的材料與工法產生革命性的影響，也使得「數位構築」（Digital Tectonics）在建築空間上的運用，可以完全推翻許多傳統與靜態的假設，從組織結構的類型，到計劃結構的層級，甚至於細部。

建築設計課程：CAAD的限制、潛力與哲學，廣為世界各國的建築學院所探討，電腦於90年代初期開始被嘗試應用於建築設計教學過程中。例如美國的C-MU、Columbia、Harvard、MIT、UCLA等與歐洲AA、ETH-Z，與澳洲的建築學院都設有類似的課程，亞洲的日本、新加坡、香港亦同。台

灣的交通、成功、東海、與淡江大學在這方面正處於發展的階段。此外，於網際網路上的虛擬設計工作室（Virtual Design Studio），由各國的建築學院加入網際合作式的設計討論。以下列舉三所主要建築學院的發展方向：

（1）美國哥倫比亞大學（Columbia University，New York）：其數位課程主要承襲Peter Eisenman與Greg Lynn之思考，課程強調數位製造以及藉由電腦操作產生形式，透過Maya等軟體之操控探索形式發展的可能，注重其演化過程與方法。課程目標在於整體數位領域之概略性認知、數位設計操作以及數位製造。

（2）英國倫敦建築聯盟（Architectural Association，London）：英國倫敦建築聯盟Diploma的數個小組（Unit）著重電腦演算（Algorithmic Design）與其原型結構（Prototypical Construction）等操作模式對於建築設計之衝擊與影響，對於如何轉換到實務之後續作業亦開始討論。學生實驗性的作品中包括使用智慧型電子裝置作為觸媒來推行複雜之構造，再將其轉換到建築中。

（3）瑞士聯邦理工學院（ETH-Z）：瑞士聯邦理工學院之課程方向近年來已自虛擬實境轉向電腦在實質空間之應用（Computer in the Physical Reality）。主要內容包括：

- A. 以多媒體系統進行歷史案例分析。
- B. 類型式設計：包括參數式設計及與相關領域與工程之整合（都市計畫、結構計算等等）。設計尺度小自家具設計、住宅設計，大至都市計畫。
- C. 數位製作：以數位製作工具（研磨機、雷射切割機、3D Printer等）進行類型式設計之實際製作。小型之設計用實際材料以1:1比例來完成。
- D. 電腦控制建築服務系統之研究：包括無線感應控制系統與設備管理等。

CAAD 教學常用軟體：以下概略的將近期建築學院中所發展的電腦相關課程區分為三大類：（1）基本軟體操作課程，（2）建築設計課程，與（3）其他非建築設計課程中電腦軟體的使用等三部分說明之。

（1）**基本軟體操作課程：**早年的基本軟體操作得從作業系統（Windows）、網際網路（NetScape、IE）、與文書處理（MS Office）等入門軟體開始。隨著學生接觸電腦年齡的提早，大部份的建築學院多以不再重複這方面的課程。在近期基本的電腦軟體教學部份大致分為以下四大類：

2D 軟體：有平面排版、影像處理、與建築平面圖繪製三類，常用教學軟體有：CorelDraw 與Illustrator（平面排版）、Photoshop 與PhotoImpact（影像處理）、與AutoCAD（平面圖繪製）等，國內大部份建築學院以上、下學期各兩學分完成以上軟體的教學。

3D 軟體：這方面的軟體較多，相關軟體例如：SketchUp、FormZ、3D MAX、Rhino、與Maya等。這些軟體背後的基本設計哲學有著些許的差異，教學上的爭議性也比較大些，主要原因乃是學生會以建築的三維造型為設計的出發點，部份老師不太希望同學過度玩弄造型；另外一方面，由於這樣的出發點，將會擾亂了本來評圖時慣用的設計說明順序，並且挑戰了評圖者的線性設計推理

邏輯，但是同時也有可能增加了建築設計的新向度。有些 3D 軟體的資料結構非常完整，對於設計的細部資料可以巨細靡遺的記錄，本研究認為這樣的軟體較適合設計發展階段（Design Development），但是對於初步設計階段（Preliminary Design）來說較不適合，也較不適合用於設計教學。此外，也有一些有關於人體模型操作的 Poser 軟體，以及模擬逼真光線的 LightScape 軟體。

多媒體軟體：因為網際網路頻寬的發展，因此動態網頁的編輯位為風潮，Flash、After Effects、與 Dream Waver 為常用網頁編輯軟體，Premier 為電影編輯常用的教學軟體。

Rapid Prototyping（快速鑄形）：此外，近來由於各種 3D Printer 的開發與價格的降低，因此許多學院開始採購這類的週邊設備，讓學生所製作的電腦 3D 模型能夠在馬上能夠在真實空間中被生產出來。

因為電腦軟體的發展日益複雜，因此只有非常少數的教學用電腦軟體被學術單位所發展，例如：AA、ETH-Z、與 Harvard 等。其他大部份的建築學院仰賴電腦公司所發展的電腦軟體教學，這些商用軟體的昂貴價格與過於強調實用的特質，導致較具啟發性的教學軟體並未被關注與開發。另外一方面，過於仰賴商用軟體甚至硬體的结果，導致於有些教學討論與建築設計明顯的脫了節—這與傳統建築學院的教師不諳電腦，得仰賴技術教師教授電腦也有部份關係。

（2）建築設計課程：以目前的設計教學發展看來，教學者以較為「小心」的心態以 CAAD 去介入傳統的設計教學當中，主要是儘量不去擾動到原有的建築設計教學「典範」（Paradigm）。以下將以建築學院中年級的高低來區分 CAAD 的教學：
低年級（基本設計）：主要是以排版、拼貼、與造型訓練為主，但是並不常見，只是零星的出現在基本設計當中，因為主流的基本設計還是強調手工訓練為主。只有曾經在 90 年代的 ETH-Z 基本設計中，有五分之一的新鮮人（約 60 人）實驗性的以 ArchiTron 大量的投入整學年的「模矩化」基本設計課程當中，與手工操作的其他五分之四的對照組相比，其成果是非常驚人的，然而 ETH-Z 此基本設計工作室隨著 Herbert Kramel 教授的轉戰到其他年級與退休之後已經全面轉型，而不復見當年的盛況了。

中年級（初等設計）：拜 SketchUp 軟體發展之賜，開始有些年輕的教學者鼓勵學生將手繪的透視草圖輸入電腦中將 2D 的透視圖轉變成 3D 的量體。因為電腦軟體界面的友善易學，並且與傳統的設計過程衝突不大，因此還能夠為大部份老師們所接受。

高年級（高階設計）：這一部份的教學者主要想發現「數位建築」新的可能性，大部份仰賴之前所提到的 NURBS 軟體，以操作 Hyper-Surface 為主要的方向，AA 建築學院為此類教學之代表。然而，教學者的意識形態經常會被質疑玩弄軟體與造型而陷入被強烈質疑的窘境。

（3）其他非建築設計課程中電腦軟體的使用：在建築學院的其他課程當中，多媒體輔助教學光碟

開始被建築史與案例課程所使用，結構分析軟體、物理環境分析軟體、...等分析軟體也有限度的在一些課程中被提及或使用，而 Google Earth 也開始普遍地被當成地理資訊系統來介紹。

設計程序：為了方便討論，我們可以將建築設計的過程大致區分為以下五個階段：概念設計、初步設計、細部設計、施工圖說、與現場施工。以目前在台灣的建築師事務所為例，為了因應日益龐雜的設計工作，在「細部設計」與「施工圖說」這兩部份，不管事務所的規模如何，都已經全面接受並且採用 CAAD 在設計過程之中。在「概念設計」、「初步設計」、與「現場施工」中以電腦輔助的比例較少，尚處於實驗性的階段，此點在世界各國的業界與教育界皆然。如果以之前所提到的 Peter Eisenman 與 Frank Gehry 兩位建築師來討論的話，前者較著重電腦在「概念設計」與「初步設計」的發展，而後者則較著重電腦在「現場施工」的發展。因此，目前在建築學院中對於 CAAD 教育的發展，除了與業界相關較實用的部份外，大抵上沒脫離這兩位建築前輩的範疇。

八、建構式設計

以「建築類型」為藍本的設計教學之侷限：以台灣而言，傳統的建築學院教學於大一之後，主要是以建築類型的分類唯依歸，隨著進入高年級逐步加大空間的尺度與機能的複雜度，強調實用性與經濟性為設計的主要考量，以期學生畢業之後能夠迅速與業界直接接軌。對於建築學院而言，辦學宗旨中很重要的一個問題是：「建築學院是否得直接為建築師事務所訓練儲備人才？」問題答案的是與否將會影響教育目標至鉅，如果選擇「是」的答案應該是安全而且可以被接受的。然而為了配合業界經濟化與工業化的生產流程，學習的方式比較容易以「封包」的方式呈現；這時候 CAAD 比較是「表現」的工具，工具的熟悉度可以應付快速生產的過程，但是就設計者而言這些軟體只是 Key-in 的工具，與其他行業在使用文書處理軟體功能上是較接近的。換個角度來看，此種制式與窄化的訓練基礎設計人才的過程，似乎無法訓練出類似 Antonio Gaudi、Santiago Calatrava、Future Systems、Rural Studio、與 MVRDV...等較為特立獨行或較具社會關懷的建築師與團體。

或許，今日的電腦提供一個新的平台，有機會為各種不同可能的設計環境提供「設計實驗」的場域。這裡所謂的「實驗」可以是基礎科學、工程學、藝術、甚至是社會學的實驗，透過電腦軟體的輔助，幫助學生「探索」（Exploration）設計問題的本質。或者以較輕鬆的角度來看待：是否有其他較具實驗性且有趣的 CAAD 教學軟體—可以讓同學理解設計的電玩？

建構式教學：前一陣子，台灣國民小學的算數教學中採用所謂的「建構式教學」引起頗大的爭議，許多人不贊成連加 9 次 9 才達到 81 的緩慢乘法教學過程。其實就遞歸（Recursion）而言，這是最合乎運算原理的，但是大人們似乎對於之前所提到的「封包式」教學法較為信賴。在 CAAD 的教學應用上可以看到一個有趣的例子，以一面磚牆

而言，目前的 3D 軟體都以畫好一面牆，貼上磚的材質之後就算大功告成了。但是，沒有軟體運用電腦環境方便模擬的優勢，讓學生將一塊塊磚堆砌上去一比方說有空隙的紅磚圍牆就有許多種堆砌的可能。我們可以在包浩斯的課程中發現有許多工廠實習與體驗不同材料的實作課程，但是在今天許多建築學院當中已經失去了這些課程與教學空間，今日電腦的視覺模擬再度提供了一個機會讓這些實作可以在電腦環境中發生。自文藝復興以來，建築師與工匠的角色逐漸分開後，500 年後的今天藉著電腦之助，建築師與工匠又將可以合而為一體。何況，目前建築學院所招收的學生都沒有工匠式的建構經驗，因此從頭讓學生了解建構的過程是非常重要的[Pearce 1995]。

九、啟發式的電腦輔助建築教學

透過以上「建構式設計」的描述，所期待的是具有使用者介面更有趣的「設計實驗」軟體，可以提供同學以更自主的方式了解到設計的各個不同向度。以下所討論的理想 CAAD 環境，或許可以提供更具啟發性設計教學的輪廓。

基本訓練：對於初學者來說，關於透視研究與幾何造型（塑型、摺疊、...等）通常得通過繁瑣的手工製作來達成，適當的 CAAD 教學將可以在單位時間內讓學習者有更多嘗試的機會，增加學習的效果。此外，多媒體的案例分折軟體，將可以幫助初學者學習基本的建築知識。

材料實驗：建築材料的質感千變萬化，透過不同的材料係數可以模擬出各種材料的質感，目前類似 Atlantis 軟體的部份介面可以讓同學更加了解到材料的潛力。

電腦輔助構造設計：對於沒有實際工地經驗的同學而言，同學在閱讀與整合目前的靜態的說明文字與 2D 施工圖有一定的困難度，以「類比」（Analogous）方式呈現各種構造方式的 3D 施工圖與細部圖，將使得同學可以對於房屋的構造有著更深入的了解。

電腦輔助結構設計：關於樑柱、板狀、桁架、拱、懸吊式、薄殼設計、與可動式結構設計亦可透過上述的類比方式呈現，類似瑞士橋樑設計師 Jorg Conzett 重新以木板、石版詮釋懸吊式橋樑的經驗，輔以試誤法的操作，讓同學了解到各式結構崩潰與成功的原因。

模擬生活：此外類似「模擬城市」或是「模擬市民」的電玩，可以啟發同學對於真實生活的部份想像，將行為、生態、與環境理論與模擬世界作一直接簡單的結合。

除了以上所提及的可能 CAAD 軟體之外，還有許多其他的可能性，這當然也有賴於更進步的電腦軟硬體技術。然而，這些可能性將使建築設計教學回歸到「構築」（Tectonic）的討論上[Frampton 1996]。除了常見的鋼筋混凝土與鋼骨建築外，同學可以從新回歸到基本的木、石與磚構造上，透過直接「類比」與「模擬」的方式呈現設計與建造過程，了解到房屋的構造。此外，對於複合材料（Trans-material）甚至是有機材料的討論，以及 CAD/CAM 的結合將使得「構築」透過數位化的教學環境產生更多的可能性。正如飛行

員可以透過「模擬飛行」（Flight Simulator）這種介於遊戲與模擬真實的軟體學會飛行；那麼建築學院同學的「建築設計模擬」（Architectural Design Simulator）是否能以更接近真實施工的狀況發生。原理雖然很簡單，但是如此的「電子化的包浩斯」還是沒有出現，也許正如 1919 年包浩斯宣言中所提及的：「一棟建築物是各種美感共同組合的『實體』。...以免迷失為流落為『沙龍藝術』。...藝術家和工藝技師之間根本上沒有任何區別 [王建柱 2003]。」目前建築設計教學的討論過於「抽象」（Abstract），試想同學們透過大型單槍投影機，將建築物「類比」投射成 1:1 的比例，並且在模擬過程中可以感受到地心引力與材料的重力，也因此可以在學習的階段感受到施工時的真實感，並且有機會將新的材料與工法直接在電腦環境中模擬，回歸到建築設計的原點—建構式設計。

十、結論

邁向「建構式設計」：建築系的設計教學，仍保有著一對一的師徒溝通的方式，老師與學生之間仍然保有著柏拉圖式的對話，不管教學方法如何演進，但設計教學仍然維持著最原創與美好的教育方式。今天的 CAAD 教學，老師與學生中間多了一部電腦，學生不斷的在電腦螢幕上生產前所未見的設計。在電腦之前的老師所扮演的角色不再是那麼的權威，而是以溝通者與建議者的角度與學生對話；偶而老師也動動滑鼠，打打鍵盤，告訴學生換個做法可能也可以。電腦在師生之間建立了一種新的介面，設計就在師生的對話與介面中慢慢的衍生開來。「電子化的包浩斯」一方面可以重新審視 90 年前包浩斯設計那些課程的用心與企圖；另外一方面，啟發式的 CAAD 教學軟體的開發將有助於一個全新的建築教學設計典範的誕生。本研究的目的並不是鼓吹全面電腦化的建築設計教學，而是對於一個嶄新的啟發式教學環境充滿殷切的期待—那就是一種幫助學生探究設計本質的建構式設計教學環境。

十一、參考文獻

- [AR 95] *Designs on the Computer*. Architectural Review, January, 1995.
- [ArchiLab 2001] Frederic Migayrou & Marie-Ange Brayer (Ed.), *ArchiLab*, Thames & Hudson, New York, NY, 2001.
- [Jencks 1995] Charles Jencks, *The Architecture of The Jumping Universe*, Academy Editions, 1995.
- [Frampton 1996] Kenneth Frampton, *Studies in Tectonic Culture: The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture*. The MIT Press, Cambridge, MA, 1996.
- [MacCullough 91] Malcolm McCullough, William J. Mitchell and Patrick Purcell (Ed.), *The Electronic Design Studio: Architectural Knowledge and Media in the Computer Era*. The MIT Press, Cambridge, MA, 1990.
- [Pearce 1995] Martin Pearce & Maggie Toy (ed.), *Educating Architect*, Academy Editions, UK, 1995.
- [Paglisi 1999] Luigu Prestinenza Paglisi, *Hyper Architecture: Spaces in the Electronic Age*, Birkhauser, Switzerland, 1999.
- [王建柱 2003] 王建柱, 包浩斯: 現代設計教育的根源。藝風堂出版社, 台北, 台灣, 2003。